KEYENCE

続・計測データを100倍活用するExcelテクニック

「収集データ活用編」

続・計測データを100倍活用する Excelテクニック

[収集データ活用編]

index

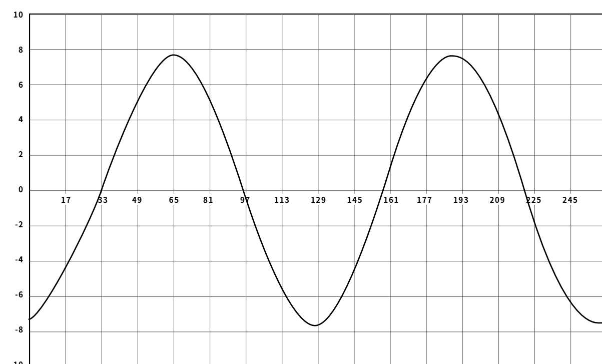


ExcelでFFT ❶

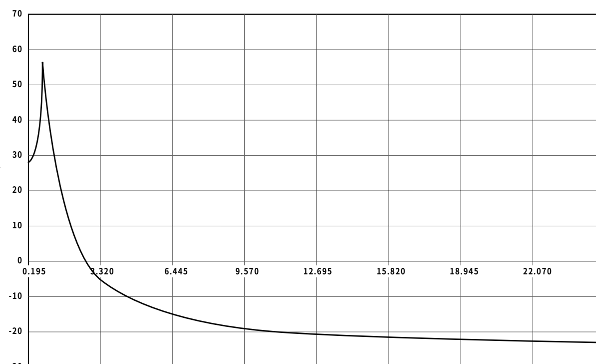
Excelを使って手軽にFFT解析をしましょう

今回は周波数解析で一般的に用いられるFFT（Fast Fourier Transform）解析を、高価なFFTアナライザを使わずにExcelで実現する方法を紹介します。ちなみにFFT解析とは以下の用途で使われる一般的な解析手法です。Excelを単なる表（グラフ）作成ツールとしてではなく解析ツールとして使用することで、計測器にかけるコストを大幅コストダウンができます。

収集波形



FFT解析結果

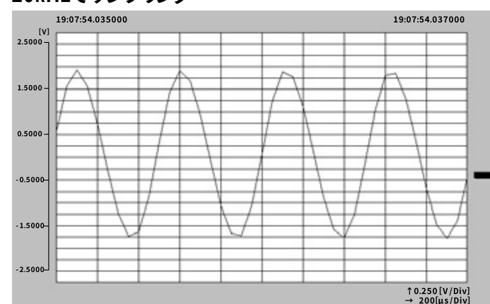


- **研究開発／　固有振動数・共振周波数・減衰比算出・建物/装置の振動分析**
- **生産技術／　刃具/加工時の最適条件設定**
- **設備保全／　ベアリング傷検出・モータ寿命確認**

まめ知識　サンプリング周期の魔

「おかしいな～40kHzあるはずなのに2kHzの波形になっている」
こんな体験をされたことはありませんか。
これは測定する波形よりサンプリング周期が遅い場合に発生するエイリアシングという現象です。40kHzを400kHzサンプリングで観察すると正確に測定できますが、同じ40kHzを20kHzサンプリングで観察すると2kHzとして計測されます。
エイリアシングを避けるために、サンプリング周期は測定したい周波数の最低2倍できれば10倍以上になるように設定してください。

20kHzでサンプリング

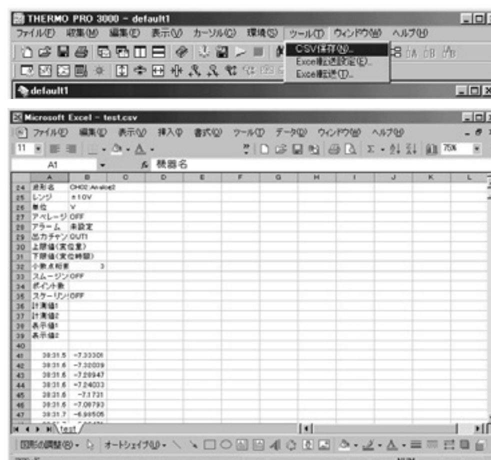


Excel解析のしかた

1 Excelへデータを転送します。

① 計測データをCSV保存します
② Excelで保存したCSVファイルを開きます。
開くときはファイルの種類を「テキストファイル」にします。
③ Excelで開くと以下のような表示になります。

❗ キーエンスPCレコーダなら
▌ Excelの指定したセルへ計測しながら直接書き込む機能
▌ 収集後、複数ファイルを一括でCSV変換するツール
などが、あなたの計測をサポートします。



2 Excelにアドインを追加します。

メニューから【ツール(T)】→【アドイン(I)】を選びます。
［アドイン］のダイアログが表示されます。



3 ［分析ツール］と［分析ツール-VBA］を選択します。

初めて分析ツールを用いる時は、Officeセットアップダイアログが開きます。画面の指示に従って分析ツールをインストールしてください。

4 【ツール(T)】→【分析ツール(D)】を選びます。

［データ分析］のダイアログが表示されます。



5 ［フーリエ解析］を選択します。

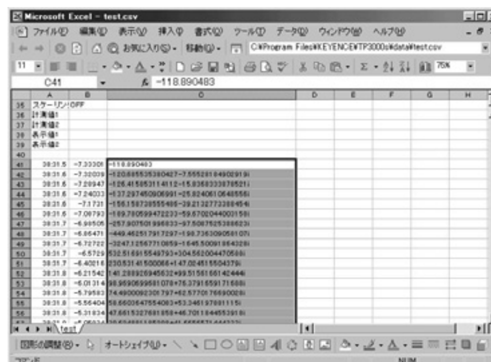
［フーリエ解析］のダイアログが表示されます。



6 ［入力範囲］と［出力先］を入力します。

入力範囲は2の偶数乗個になるように選んでください。例えば256,1024,4096個です。出力先は例では入力範囲の横を選んでいます。

7 ExcelのワークシートにFFT演算結果が入力されます。



⑧ 解析周波数を求めます。

周波数分解能は1/（サンプリング周期[秒]/解析データ数）になります。
例ではサンプリング周期20ms=0.02秒
　　　データ数　1024データ　なので
D41セルに=1/(0.02*1024)*(COUNTA(C41:C41)-1)を入力しコピーします。

⑨ スペクトルを求めます。

FFT演算結果は複素数として求められているのでExcelの関数　IMABS()を用いて絶対値（スペクトル）を求めます。

⑩ パワースペクトラムを求めます。

電圧のパワースペクトラムは
$10\times\log\left(\frac{R^2+I^2}{2}\right)$で求められます
実数部(R)はIMREAL関数 虚数部(I)はIMAGINARY関数を用いて演算します。
F41セルに=10*LOG10((IMREAL(C41)^2+IMAGINARY(C41)^2)/2)を入力し、パワースペクトラム(dB)を演算します。

⑪ グラフ化します。

まめ知識　FFT解析で解析可能な周波数

1/（サンプリング周期［秒］/解析データ数）～サンプリング周波数/2です。周波数分解能は1/（サンプリング周期［秒］/解析データ数）です。

MEMO

ExcelでFFT ❷

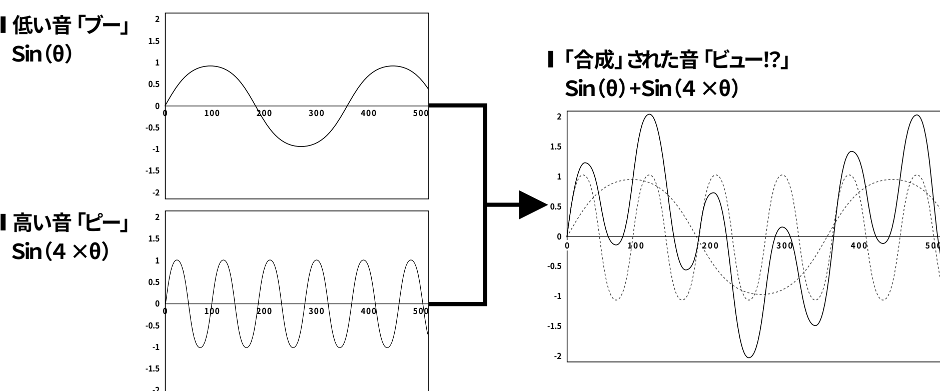
Excelを使って、もっとFFT!

今回は、FFT解析❶で特集したFFT解析を、より極めるためのテクニックをご紹介します。

【おさらい】そもそもFFT 解析とは…
FFTとは高速フーリエ変換のことであり、合成された波形から、元の周波数や強さを求める手法です。

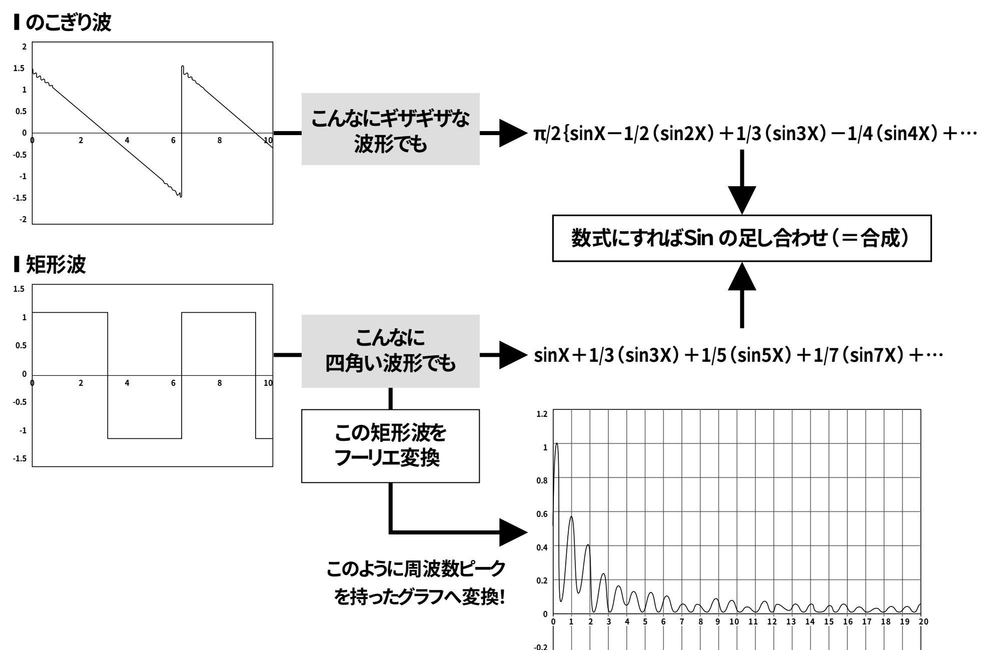
フーリエ変換 POINT1

全ての波形は、「Sin」と「Cos」で表される波形の合成です。例えば、音や振動もさまざまな周波数の波形の合成です。
まずは、分かり易いようにSin波どうしの合成を見てみましょう。



フーリエ変換 POINT2

では、Sin波とは全く異なる波形はどうでしょうか。実は、矩形波（四角い波形）や、のこぎり波（名前通りギザギザな波形）もSinとCosの数式で示され、SinとCosの合成である事が分かります。
だから、どんな波形でもフーリエ変換すれば元の周波数や強さが求められるのです。



FFT解析を使いこなすツボ

FFT 解析をマスターする上で必ず押えておきたいのは、次の3つのポイントです。

FFTマスター 3つのツボ ①解析周波数 ②データ点数 ③窓関数

今回は、①についてご説明します。FFTでは、高速にフーリエ変換を行うために、ある一定の周波数毎に解析を行っています。
つまり、解析されているのは全ての周波数ではなく、「飛び飛び」の周波数になることに注意が必要です。
これを **解析周波数** と言い、この「飛び飛び」には以下の決まりがあります。

解析周波数 ＝サンプリング周波数（Hz）÷（データ数を超えない最も大きい2のN乗）

[解析周波数の例]

1秒間に100サンプリングする計測器で30秒（＝データ数は3000点）収集した波形を解析する場合を考えてみましょう。

前述の数式によると、この条件の波形では（A）の周期毎に「飛び飛び」にデータが得られる事が分かります。

サンプリング数とデータ点数は以下の通り
100サンプリング/秒＝「100Hz」
データ数3000点を超えない最も大きい2のN乗＝2の11乗＝「2048」
解析周波数の式から
100（Hz）÷2048 =0.04882（Hz）…（A）

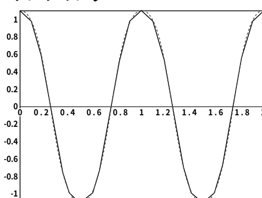
解析周波数 Q＆A

Q 解析周波数について、どこまで速い周波数を解析できるのでしょうか？

A サンプリングした周波数の1/2の周波数が解析の上限です。
下例の通り、サンプリング周波数が元波形の周波数の2倍以下だと、正しく元波形の形状を再現できなくなるためです。

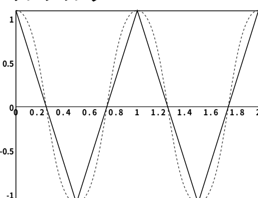
例）100Hzのsin波を1000、200、150Hzでサンプリングした場合の変化

I サンプリング1000Hz



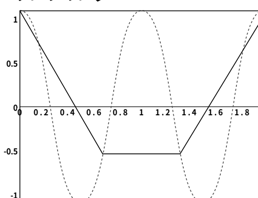
ほぼ元波形通り

I サンプリング200Hz



なんとか元波形をイメージできる

I サンプリング150Hz



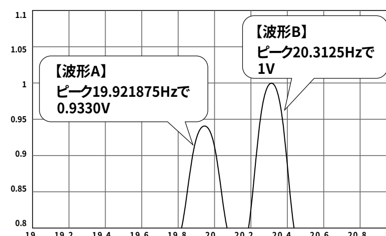
異なる周波数の波形に見える

Q 解析周波数と一致していない周波数をピークに持つ波形はどうなるのでしょうか？

A 解析周波数と一致していない周波数をピークに持つ波形の解析結果は本来の値よりも小さくなります。
例えば、元波形の電圧値を正しく見たい、というときには「窓関数」が役立ちます。

例）右グラフは、サンプリング周期100Hz、データ数256点、振幅±1Vの波形を、周波数を変化させてFFT解析した結果です。
解析周波数に一致しない波形は、本来の1Vよりもピークが低くなってしまいます。

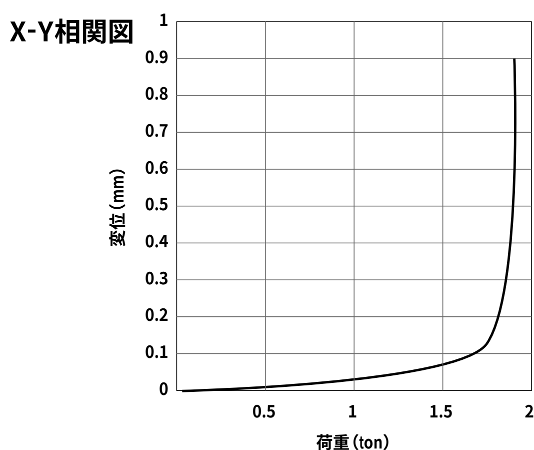
波形A：解析周波数と不一致（周波数20Hz）
波形B：解析周波数と一致（周波数20.3125Hz）

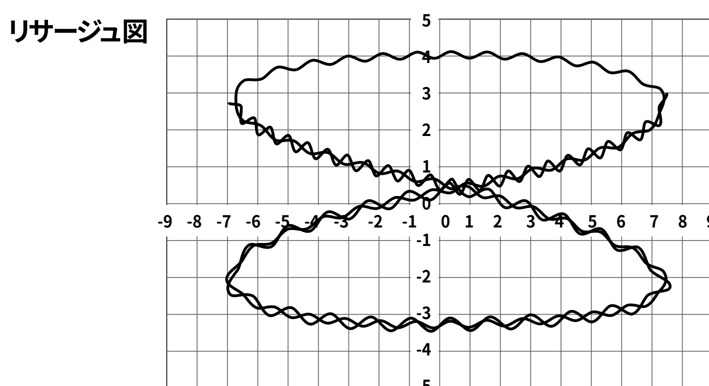


X-Yグラフを描く

Excelを使えば、X-Yグラフも簡単!

荷重と引っ張り・温度と伸びなど、2種類のデータの相関を解析する場合、リサージュなどのXY相関図を使用します。
今回はパソコンレコーダを用いて収集したデータを、Excelで簡単に分かりやすいXY相関図を作るテクニックをご紹介します。

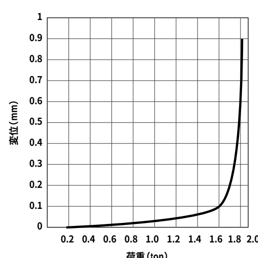


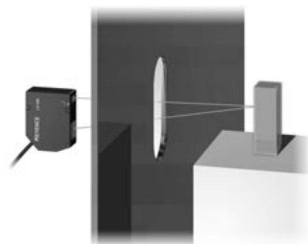


X-Yグラフ使用例

熱変位試験

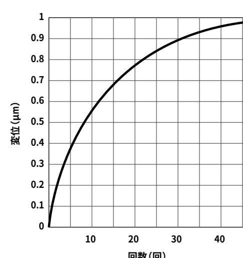
温度変化による素材の形状変化を、レーザ式変位センサでビューポート越しに測定します。





経時変化

金型の密着度をショットごとにデータ取りします。
渦電流式変位センサを用いて金型の隙間(下死点変動)を測定しています。





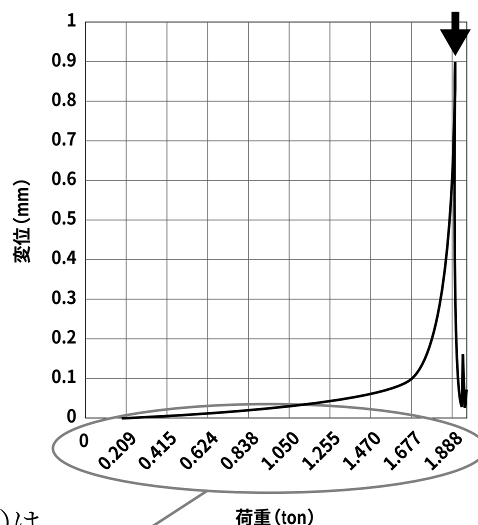
その他に、位相ズレなどの表示に使用できます。

Excelでグラフを使うには

① Excelでデータを開く。

収集したデータをCSV保存しExcelで開きます。
A列:時刻　B列:荷重　C列:変位

通常の折れ線グラフで描くと ▶



2-a B列とC列を選択して、Excelのメニューから【挿入(I)】→【グラフ(H)】を選びます。

[グラフウィザード] のダイアログが表示されます。

3-a [標準] のタブから [折れ線] を選択します。

荷重の変化に対する変位量のグラフになるようにB列(加重)は項目軸として指定し表示します。

問題点　一見きれいなグラフになりますが、変位(Y軸)はいいのですが、荷重(X軸)の目盛が等間隔にはならないため、例えば矢印のピーク部分の荷重値をグラフから読み取ることができません。

なぜ　折れ線グラフなど通常のグラフのX軸は項目数で区切られます。このため等間隔(距離/時間)の計測をしていないデータはグラフにするとズレてしまいます。

そんな時は散布図で描く ▼

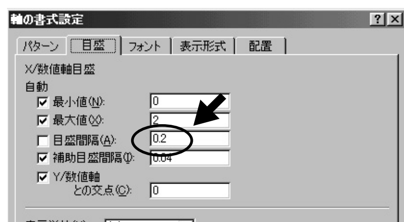
2-b B列とC列を選択して、Excelのメニューから【挿入(I)】→【グラフ(H)】を選びます。

[グラフウィザード] のダイアログが表示されます。

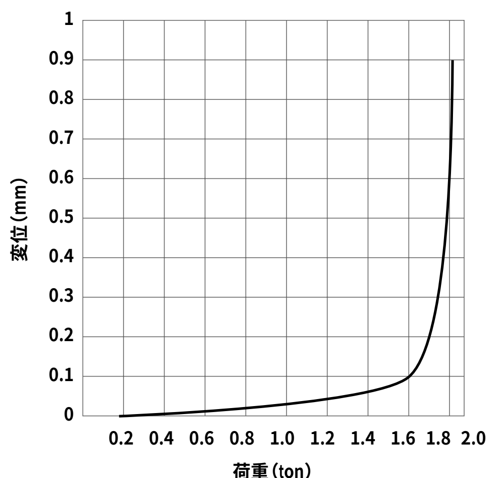


3-b [標準] のタブから [散布図] を選択します。荷重の変化に対する変位量のグラフを描きます。

目盛は任意に選ぶことが可能です。
軸をダブルクリックし、目盛で設定します。



右図のX軸の例です。0.2ton刻みにしています。



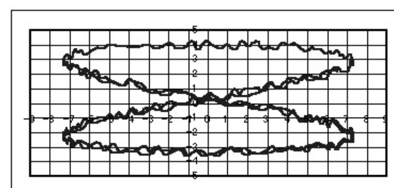
POINT

グラフは、データを読む時、目盛が等間隔に入る方が使いやすくなります。このためV-T図のような時間と電圧のグラフのようにサンプリング周期が等間隔であれば通常の折れ線グラフで問題ありません。
等間隔にならないグラフ(2CHの相関を見るなど)の場合、散布図を用いるのが分かりやすいグラフを描くポイントです。

まめ知識

応用

散布図はこのようにXY図（リサージュ図）を描くことにも用いられます。



リサージュ図は二つの振動波形の関係、例えば位相がズレているのか、周波数が違うのかを目で見て判断できる図です。
右図が、周波数が異なった時と位相がズレた時のリサージュ図の形状を表したものです。

周波数比（X:Y）	1：1	1：2	1：3
位相角 0 °			
位相角 45 °			
位相角 90 °			

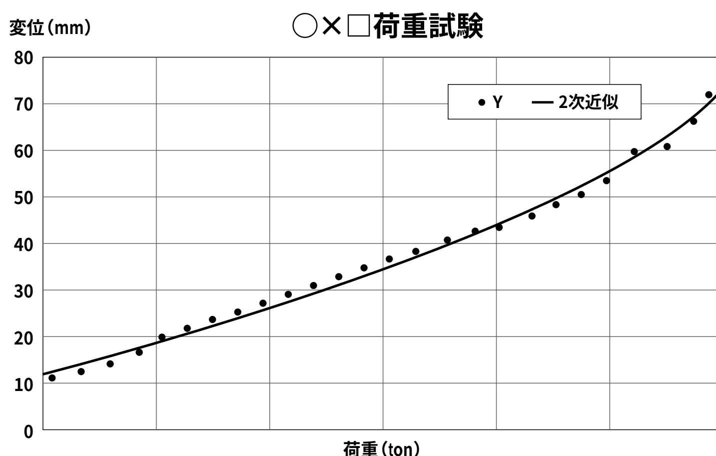
MEMO

近似曲線を求める

Excelを使って、簡単に近似曲線を求める

温度変化に応じたワークの伸び、引っ張りに応じたワークの伸び、化学反応の終点を求める場合など、関係式(近似式)を求めて結論とします。例えば気体の状態方程式(PV=nRT)などもこの関係式の一つです。この近似をExcel上で簡単に行うテクニックを紹介します。

従来は、高額な解析ソフトを用いるか、プロットした点から手書きで、近似あるいは手計算で最小二乗法などを行っていました。Excelの回帰分析を用いれば誰でも簡単に近似を行うことが可能です。



実際に近似曲線を描いてみましょう

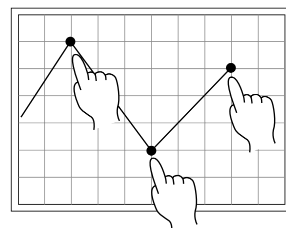
①データを計測します。

今回は熱変位試験を例にとって解析します。



②素材を加熱したときの変形量をデータ収集システムのロギング（1トリガ1サンプリング）モードで計測します。

恒温槽が指定温度になった後30分後の値を恒温槽から外部信号をデータ収集システムへの計測トリガとしています。



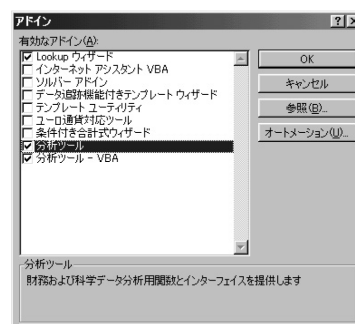
① Excelでデータを転送します。

① 計測データをCSV保存します。
② Excelで保存したCSVファイルデータを開きます。
③ Excelで開くと右のようになります。

> **❗ キーエンスPCレコーダなら**
> **①Excelの指定したセルへ計測しながら直接書き込む機能**
> **②収集後、複数ファイルを一括で CSV ファイル変換するツール**
> **などがあなたの計測をサポートします。**

② Excelにアドインを追加します。

メニューから【ツール（T）】→【アドイン（I）】を選びます。
【アドイン】のダイアログが表示されます。

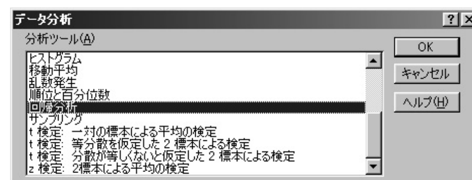


③【分析ツール】と【分析ツール-VBA】を選択します。

初めて分析ツールを用いる時は、Officeセットアップダイアログが開きます。指示に従って分析ツールをインストールしてください。

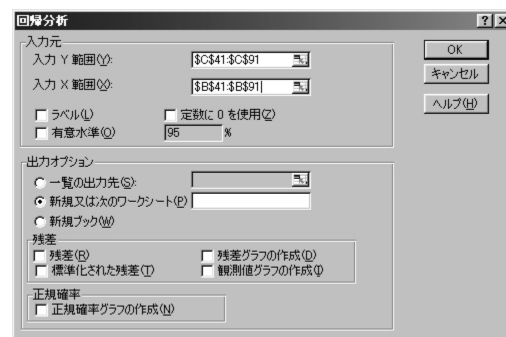
④【ツール（T）】→【分析ツール（D）】を選びます。

【データ分析】のダイアログが表示されます。



⑤【回帰分析】を選択します。

【回帰分析】のダイアログが表示されます。



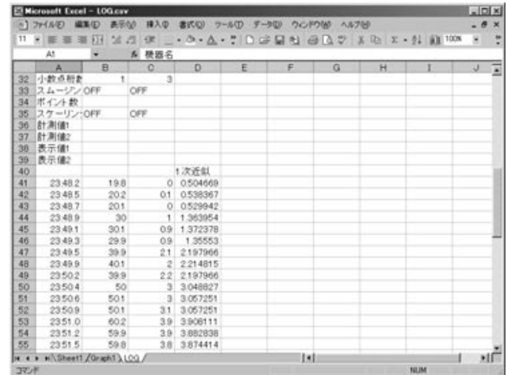
⑥【入力Y範囲】と【入力X範囲】を入力します。

⑦ Excelのワークシートに回帰分析結果が入力されます。

解析の結果、右の例では
切片:−1.16335　X値1:0.08424です。
従って近似式は y=0.08424x−1.16335 になります。
相関係数R2は0.9926です。この値が1に近いほど相関の取れた近似です。

⑧ 近似値からデータを演算します。

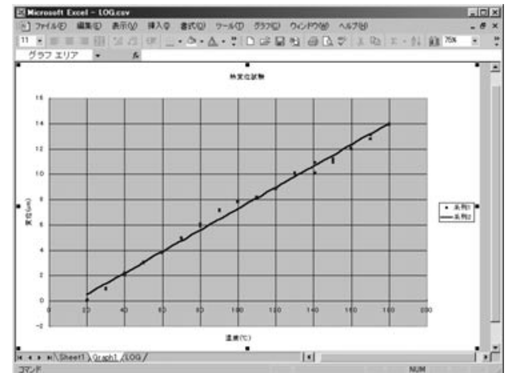
セルD41に　=B41*0.08424－1.16335 を入力しデータのあるセルにコピーします。



	A	B	C	D
32	小数点桁数	1	3	
33	スムージン	OFF	OFF	
34	ポイント数			
35	スケーリン	OFF	OFF	
36	計測値1			
37	計測値2			
38	表示値1			
39	表示値2			
40				1次近似
41	23:48.2	19.8	0	0.504669
42	23:48.5	20.2	0.1	0.538367
43	23:48.7	20.1	0	0.529942
44	23:48.9	30	1	1.363954
45	23:49.1	30.1	0.9	1.372378
46	23:49.3	29.9	0.9	1.35553
47	23:49.5	39.9	2.1	2.197966
48	23:49.9	40.1	2	2.214815
49	23:50.2	39.9	2.2	2.197966
50	23:50.4	50	3	3.048827
51	23:50.6	50.1	3	3.057251
52	23:50.9	50.1	3.1	3.057251
53	23:51.0	60.2	3.9	3.908111
54	23:51.2	59.9	3.9	3.882838
55	23:51.5	59.8	3.8	3.874414

⑨ B41:D（データの最後まで）を指定しグラフを書きます。

グラフは散布図を指定します。散布図の詳しい書き方は「そんな時は散布図で描く（10ページ）」を参照してください。



まめ知識

簡易的な方法としては、通常のグラフを書いた後に波形を右クリックしてメニューから近似曲線を選ぶ方法もあります。波形を外挿・内挿する場合は回帰分析を用いて数式を求めるほうをお勧めします。



---

n次式などの多項式で近似する場合、例えば3次式の場合xの2乗、3乗の値を求めます。
x、x^2、x^3の値を入力x範囲に指定し演算します。
結果のx値1がxの係数x値2がx2の係数、x値3がx3の係数です。

3次近似式は
y=0.00000141x3-0.00054x2+0.143186x-2.82907 となります。

2、3乗の係数が0と等しいので1次式が適していることがわかります。

電子計測器に関するご相談は
電子計測器オンライン

www.keyence.co.jp/keisokuki/

役立つ便利な計測マクロダウンロード

www.e-keisokuki.jp/


安全に関する注意

商品を安全にお使いいただくため、ご使用の前に必ず「取扱説明書」をよくお読みください。

株式会社キーエンス 本社・研究所／アプリセンサ事業部
〒533-8555 大阪市東淀川区東中島1-3-14 Tel 06-6379-1711 Fax 06-6379-1710
この商品に関するお問い合わせは



0120-66-3000
www.keyence.co.jp

記載内容は、発売時点での弊社調べであり、予告なく変更する場合があります。

SP アプリ7-0129

K1155T-1050-1 117-093